

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 60406

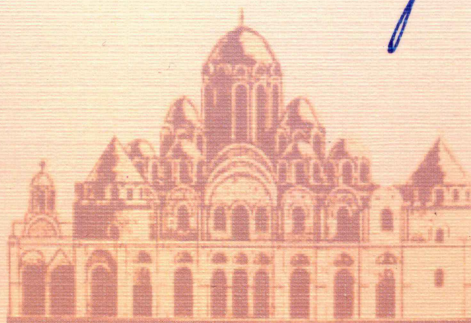
**СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ККД МОНОКРИСТАЛІЧНОГО  
КРЕМНІЄВОГО ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **25.06.2011**.

Голова Державного департаменту  
інтелектуальної власності

М.В. Паладій







УКРАЇНА

(19) UA (11) 60406 (13) U  
(51) МПК  
G01R 31/26 (2006.01)  
H01L 21/66 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ККД МОНОКРИСТАЛІЧНОГО КРЕМНІЄВОГО ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕ-  
ТВОРЮВАЧА

1

(21) u201008582

(22) 09.07.2010

(24) 25.06.2011

(46) 25.06.2011, Бюл.№ 12, 2011 р.

(72) ЗАЙЦЕВ РОМАН ВАЛЕНТИНОВИЧ, КОПАЧ  
ВОЛОДИМИР РОМАНОВИЧ, КІРІЧЕНКО МИХАЙ-  
ЛО ВАЛЕРІЙОВИЧ, ХРИПУНОВ ГЕННАДІЙ СЕ-  
МЕНОВИЧ, ЛІСАЧУК ГЕОРГІЙ ВІКТОРОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

2

(57) Спосіб підвищення ККД монокристалічного кремнієвого фотоелектричного перетворювача, який включає обробку фотоелектричного перетворювача у стаціонарному магнітному полі індукцією більше 0,1 Тл, який **відрізняється** тим, що після обробки у стаціонарному магнітному полі на тильну поверхню монокристалічного кремнієвого фотоелектричного перетворювача наносять магнітний вініл.

Корисна модель, що заявляється, відноситься до технології напівпровідникових приладових структур, зокрема до виготовлення високоефективних кремнієвих фотоелектричних перетворювачів (Si-ФЕП). Корисна модель безпосередньо стосується сонячної електроенергетики, зокрема напівпровідникових приладів прямого перетворення світлового випромінювання в електричну енергію, та заснована на збільшенні часу життя  $\tau$  нерівноважних носіїв заряду (ННЗ) у базовому кристалі (БК) кремнієвих фотоелектричних перетворювачів під впливом стаціонарного магнітного поля (СМП) за рахунок перебудови структури комплексів точкових дефектів (КТД), яка забезпечує зниження концентрації рекомбінаційних центрів у об'ємі БК.

Відомо [1], що з тією ж метою СМП використовується під час вирощування монокристалічних зливків кремнію для БК Si-ФЕП. У такому випадку вплив магнітного поля призводить до зменшення у зливку концентрації кисню, який або особисто, або у складі деяких комплексів є рекомбінаційним центром, котрий знижує час життя ННЗ.

Недоліками наведеного методу є таке:

- значне ускладнення технологічного обладнання для вирощування зливків, котре потребує застосування керованих масивних магнітних систем;

- надмірні витрати на оновлення технології, які призводять до підвищення собівартості монокристалічного кремнію і, як наслідок, до підвищення вартості електричної енергії, котра виробляється Si-ФЕП на його основі.

Більш економічно та технологічно доцільніше належним чином коригувати структуру КТД після виготовлення Si-ФЕП.

Існує спосіб підвищення ККД Si-ФЕП після фотонної деградації [2], котра внаслідок перебудови первинної структури КТД під дією світла призводить до підвищення концентрації різновиду КТД, що є ефективними рекомбінаційними центрами. Цей спосіб засновано на відпалі вже готових приладів у темряві при температурі близько 200 °С, за рахунок якого відбувається зворотна перебудова КТД, що забезпечує зниження концентрації рекомбінаційних центрів, а отже і підвищення часу життя ННЗ та ККД Si-ФЕП.

Однак розглянутий спосіб має недоліки:

- ефект підвищення ККД нестабільний і тому ККД знов знижується при наступному опроміненні Si-ФЕП;

- неможливість стабілізації стану з підвищеним ККД;

- необхідність додаткових витрат енергії на відпал.

Останнім часом з'явився безконтактний непошкоджуючий спосіб впливу СМП на структуру КТД, який не потребує енергетичних витрат [3, 4]. Це, наприклад, при обробці кристалів кремнію у СМП з індукцією 0,17 Тл призводить до зниження його мікротвердості з-за розриву хімічних зв'язків, котрий в свою чергу призводить до дисоціації дефектних комплексів  $Si_xV_yO_z$ , та утворення комплексів O-V.

Однак розглянутий спосіб обробки використовувався лише для первинних кристалів, а не для

(13) U  
(11) 60406  
(19) UA

приладових структур на їх основі. При цьому вплив на електронні параметри, а саме, на час життя ННЗ у них не визначався. До недоліків цього способу належить віднести те, що ефект покращення параметрів кристалів кремнію нестабільний, оскільки є зворотним протягом обмеженого часу із-за метастабільного стану нової структури КТД.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є безконтактний непошкоджуючий спосіб підвищення ККД вже виготовлених Si-ФЕП у 1,2-1,4 рази за рахунок зростання часу життя ННЗ у їх БК у 1,2-1,7 рази, заснований на перебудові структури КТД при обробці Si-ФЕП протягом 7 діб у СМП з індукцією близько 0,2 Тл [5]. Поряд із перевагами, цей спосіб має суттєвий недолік, який полягає у релаксації зазначеного підвищення ККД протягом обмеженого часу після обробки у СМП, що не дає змоги широкого практичного використання зазначеного способу.

В основу корисної моделі покладена задача створення способу підвищення ККД монокристалічних кремнієвих фотоелектричних перетворювачів за рахунок обробки у стаціонарному магнітному полі вже готового приладу з наступною стабілізацією отриманого підвищеного ККД.

Задача вирішується тим, що у способі підвищення ККД монокристалічних кремнієвих фотоелектричних перетворювачів, який включає обробку фотоелектричного перетворювача у стаціонарному магнітному полі індукцією більше 0,1 Тл, після обробки у стаціонарному магнітному полі на тильну поверхню монокристалічного кремнієвого фотоелектричного перетворювача наносять магнітний вініл.

Сутність запропонованої корисної моделі пояснюється кресленням:

на Фіг.1 зображено характерні вольт-амперні характеристики Si-ФЕП у первинному стані (1), після обробки у СМП (2), після зберігання протягом 7-14 діб без нанесеного магнітного матеріалу (3) та після зберігання протягом 7-14 діб з нанесеним магнітним матеріалом (4);

на Фіг. 2 зображено Si-ФЕП (а), шар магнітного матеріалу Фіг. 3 та Si-ФЕП. з підвищеним ККД, застатізованим нанесеним на тильну поверхню Si-ФЕП шаром магнітного матеріалу Фіг. 4;

на Фіг. 5 зображено залежності загасання напружності холостого ходу  $U_{xx}$  Si-ФЕП з часом після відсікання світлового потоку, за якими згідно з відомою методикою [6], визначався час життя  $\tau$  ННЗ у БК Si-ФЕП до обробки у СМП (а) та після нанесення на тильну поверхню такого Si-ФЕП шару магнітного матеріалу, стабілізуючого підвищений ККД після попередньої обробки у СМП (б);

У Табл.1 наведено характерні для досліджених приладів час життя  $\tau$  ННЗ у БК та ККД одного з Si-ФЕП у первинному стані, після обробки у СМП, а також після зберігання Si-ФЕП протягом 7-14 діб

без нанесеного магнітного матеріалу і з нанесеним магнітним матеріалом.

Приклад методу, запропонованого у корисній моделі.

Виготовлений раніше Si-ФЕП піддавався обробці у СМП, яка полягала у наступному. Прилад у непрозорому боксі з немагнітного матеріалу розміщувався між полюсами постійних магнітів, які створювали у зазорі між ними однорідне магнітне поле з магнітною індукцією 0,1-0,2 Тл та залишався там 7-14 діб. Після цього експериментально було зафіксовано зростання часу життя ННЗ з 36-40 мкс до 51-56 мкс та зростання ККД на 1-2 %.

Для стабілізації ефекту по закінченні зазначеної обробки у СМП на тильну поверхню Si-ФЕП наклеювався магнітний вініл товщиною 1,5 мм з індукцією магнітного поля 0,05-0,1 Тл у зовнішньому просторі завтовшки 3-4 мм. Експериментально було показано, що такої індукції поля цілком достатньо для довготривалої стабілізації підвищених значень ККД Si-ФЕП з базовими кристалами завтовшки менше 500 мкм, котра пов'язується зі стабілізацією утвореної при обробці у СМП нової метастабільної структури комплексів точкових дефектів, яка забезпечує зниження концентрації рекомбінаційних центрів у об'ємі БК. Це підтверджується експериментально зафіксованими значеннями часу життя 49-52 мкс та утриманими доданками ККД 0,7-1,7 %.

Джерела інформації:

1. Zhao J., Wang A. and Green M.A. 24.5% efficiency silicon PERT cells on mCZ substrates and 24.7% efficiency PERL cells on FZ substrates // Prog. Photovolt: Res. Appl. - 1999. -No. 7. -P. 471-474.

2. Saitoh T., Hashigami H., Glunz S. Overview of light degradation research on crystalline silicon solar cells // Prog. Photovolt: Res. Appl. - 2000. -No. 8.-P. 537-547.

3. Макара В.А., Стебленко Л.П., Кольченко Ю.Л. та ін. Вплив водних розчинів та хімічної обробки на магнітомеханічний ефект // Фізика і хімія твердого тіла. - 2006. - Т.7. - № 1. - С 131-137.

4. Макара В.А., Васильєв М.А., Стебленко Л.П. и др. Вызванные действием магнитного поля изменения состава и микротвердости приповерхностных слоев кристаллов кремния // Физика и техника полупроводников. - 2008. - Т. 42. - № 9. - С. 1061 - 1064.

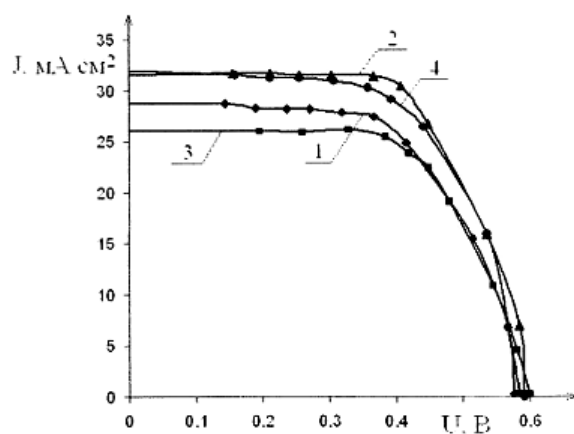
5. Зайцев Р.В., Копач В.Р., Кіріченко М.В. Влияние обработки стационарным магнитным полем на КПД кремниевых фотоэлектрических преобразователей // IX Харківська конференція молодих науковців «Радіофізика, Електроніка, Фотоніка та Біофізика» 1-3 грудня 2009 р., Збірник анотацій - ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України.: Харків, 2009 р. - С. 48

6. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. - М.: Высш. шк., 1987.

Табл. 1

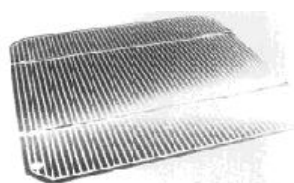
Спосіб підвищення ККД монокристалічного кремнієвого фотоелектричного перетворювача шляхом застосування стаціонарного магнітного поля

Параметри	Первинний стан	Після обробки у СМП		
		Початкові значення	Після зберігання протягом 7-14 діб	
			Без нанесеного магнітного матеріалу	З нанесеним магнітним матеріалом
$\tau$ , МКС	40	56	33	52
$\eta$ , %	11,1	12,5	10,5	12,2

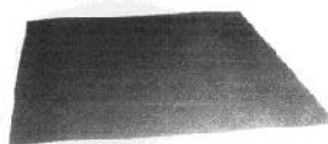


1 – первинний стан; 2 – після обробки у СМП; 3- після зберігання протягом 7-14 діб без нанесеного магнітного матеріалу; 4 - після зберігання протягом 7-14 діб з нанесеним магнітним матеріалом.

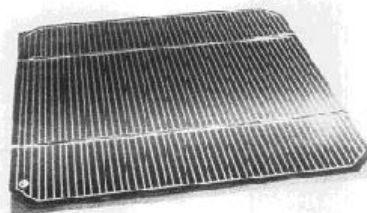
Фіг. 1



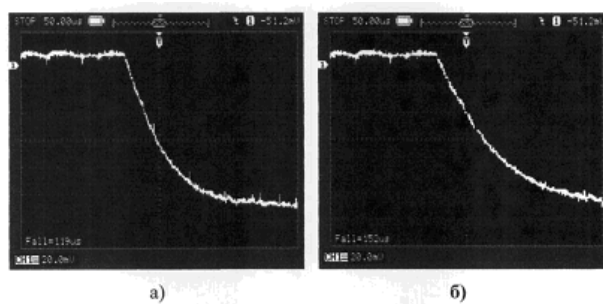
Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4



а) - у первинному стані – час загасання  $U_{xx}$  дорівнює 119 мкс  
(див. позначку у лівому нижньому куті);

б) - після нанесення на тильну поверхню *Si*-ФЕП магнітного матеріалу -  
час загасання  $U_{xx}$  дорівнює 152 мкс (див. позначку у лівому нижньому  
куті).

Фіг. 5